

ÉRTEKEZÉSEK EMLÉKEZÉSEK

FARKAS JÓZSEF

SUGÁRZÁSOS TARTÓSÍTÁS

Egy XX. századi
élelmiszer-technológia
interdiszciplináris
megalapozása



108

AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

ÉRTEKEZÉSEK
EMLÉKEZÉSEK

ÉRTEKEZÉSEK EMLÉKEZÉSEK

SZERKESZTI
TOLNAI MÁRTON

FARKAS JÓZSEF

SUGÁRZÁSOS TARTÓSÍTÁS

Egy XX. századi
élelmiszer-technológia
interdiszciplináris
megalapozása

AKADÉMIAI SZÉKFOGLALÓ

1991. ÁPRILIS 16.



AKADÉMIAI KIADÓ, BUDAPEST

A kiadványsorozatban a Magyar Tudományos Akadémia 1982.
évi CXLII. Közgyűlése időpontjától megválasztott rendes
és levelező tagok székfoglalói — önálló kötetben — látnak
napvilágot.

A sorozat indításáról az Akadémia főtitkárának 22/1/1982.
számú állásfoglalása rendelkezett.

ISBN 963 05 6536 6

Kiadja az Akadémiai Kiadó, Budapest

© Farkas József, 1993

Minden jog fenntartva, beleértve a sokszorosítás, a nyilvános
előadás, a rádió- és televízióadás, valamint a fordítás jogát,
az egyes fejezeteket illetően is.

Printed in Hungary

Nem gyakori, hogy élelmiszer-technológiák a sajtó figyelmét felkeltik, azokat eléggé „izgalmasnak” tekintik, hírértékűnek minősítik. A kivételek közé tartozik az élelmiszerek sugárzásos tartósítása, amelyről egyes külföldi újságcikkek azt állítják, hogy korlátlanul eltarthatóvá teszi élelmiszereinket, a magát a fogyasztóvédelem harcosának tekintő vagy feltűnítő német aktivista csoportok egyikének lapja pedig az atomipari lobby összeesküvése részének kiáltotta ki az eljárást, mondván, hogy az atomipar a sugárzásos tartósításban találta meg a radioaktív hulladékok elhelyezésének lehetőségét, végső tárolóhelynek a besugárzott élelmiszerek révén a fogyasztók gyomrát tekintve...

Mi is tehát ez, a fejlett ipari országok egy részében ma már annyi emocionális vitát kiváltó eljárás, amely a napóleoni háborúk idején feltalált hőkezeléses konzerválási technológia bevezetése óta az első, alapjaiban új élelmiszer-tartósítási módszer, s milyen szerepet játszott és játszik a magyar élelmiszer-tudomány ennek a XX. századi élelmiszer-technológiának az interdiszciplináris megalapozásában? Erről szeretnék a következő, s a személyes motívumoktól sem mentes áttekintésben szemelvényeket szolgáltatni.

Az ionizáló sugárzások biológiai hatása e sugárzások felfedezését követően rövidesen, már századunk elején felvetette egyesekben az élelmiszer-besugárzás lehetőségének a gondolatát is. A technikai-technológiai általános fejlődés azonban csak a negyvenes évek közepére vezetett gamma sugárforrások és elektrongyorsítók konstrukciója révén olyan technikához, ami a megvalósítás reális hátterét szolgáltatni tudta. A sugárzásos élelmiszer-tartósítás kidolgozására irányuló, szisztematikus, programszerű kutatómunka a legfejlettebb országokban is a negyvenes évek végén, az ötvenes évek elején indult meg. Az élelmiszer-kutatás terén éppen ez lett az a terület, amelyhez Magyarország is igen rövid idő múlva, már az ötvenes évek közepén csatlakozott, két széles látókörű, kiváló és oly fájdalmasan korán elhunyt kutató, TÖRÖK GÁBOR és VAS KÁROLY kezdeményezésével és együttműködésük révén. A 25 éve halott TÖRÖK GÁBORról talán kevesen tudják, hogy nemcsak a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet első igazgatója volt, hanem a magyar gyorsfagyasztó ipar megalapítója is. A közel tíz éve elhunyt VAS KÁROLY pedig, aki az élelmiszer-mikrobiológia kiemelkedő egyénisége volt, hazai kutatótevékenysége és ENSZ-szervezetbeli működése révén a sugárzásos tartósítás terén olyan kutatási iskolát teremtett, amely élelmiszer-kutatásunk nemzetközileg egyik leginkább számon tartott részét jelenti ma is.

Magam, rövid idővel vegyészmérnöki tanulmányaim elvégzése után, 1957-ben mint VAS KÁROLY e témakörre kiválasztott munkatársa kapcsolódtam e munkába, ami immár több mint három évtizede kisebb-nagyobb kitérőktől eltekintve szakmai tevékenységem meghatározó eleme.

Az ionizáló sugárzásoknak főként a DNS károsításán alapuló, sejtszaporodást gátló, ill. germicid hatása az élelmiszer-tartósítás területén meglepően sok alkalmazási lehetőséget rejt magában.

Sugárkezeléssel, célszerűen kiválasztott sugáradagokkal például meggátolható a gumós termények, a hagymák és a gyökérzöldségek tárolás közbeni kihajtása, pusztíthatók azok a rovarkártevők, amelyek a szemes termények, a gyümölcszárítmányok és más élelmi anyagok tárolását veszélyeztetik, a sugárzások mikrobapusztító hatása révén megnövelhető a romlékony nyers élelmiszerek: húsok, gyümölcsök eltarthatósága, javítható a nagy mikrobás szennyezettségük miatt élelmezés-egészségügyi és technológiai gondokat egyaránt okozó fűszerek és más adalékanyagok higiénés minősége, s elpusztítható számos olyan állati parazita és patogén baktérium, amelyeket főként az állati eredetű élelmiszereink közvetítenek.

Az elmúlt három évtizedben mindezen alkalmazási lehetőségek terén hazai kutatásaink is foglalkoztak a technológiai dózis kiválasztásával és az ehhez kapcsolódó mikrobiológiai,

analitikai, élelmiszer-kémiai, tárolásfiziológiai, valamint tárolás- és csomagolástechnikai kérdésekkel.

Az élelmiszer-besugárzás alapvető jellemzője, hogy idegen anyag bevitele és számottevő hőhatás nélkül, ezért az élelmiszerek fizikai állapotát, eredeti jellegét változatlanul hagyva eredményezi az említett, különféle tartósító hatásokat.

A technológiai megvalósíthatóságot célzó kutatási feladat többnyire optimálás jellegű: olyan sugáradag kiválasztása, amely a kívánt hatást a legkevesebb nemkívánatos mellékhatás előidézésével fejt ki.

Burgonyánál például azt a sugáradagot kellett meghatározni, amellyel a kihajtásgátlás a fitoimmunitás károsítása, a mikrobás romlási hajlam megnövelése nélkül valósítható meg.

Vöröshagyma esetén az optimálási feladat főként a legjobb kihajtásgátló hatást eredményező sugárkezelés szedés utáni időpontjának az időzítése volt.

Gyümölcsök esetén a cél annak a sugárdózisnak a kiválasztása, ami az eltarthatóságot már jelentősen megnöveli, de nem vált ki még számottevő minőségrontó hatást: puhulást, elszíneződést, vitaminbomlást. Gyorsan romló, a penészgombák inváziójának kevéssé ellenálló, ezért „rövid életű” gyümölcsök, pl. a szamóca esetén a sugárkezelés sikerének titka, hogy a penészeket pusztító hatást ilyen nemkívánatos változások nélkül lehet elérni.

Nem ritkán a kellő mikrobapusztításhoz szükséges sugárdózis már együtt jár olyan szöveti károsodás indukálásával, ami a mikrobiológiai hatást kompenzálja. Ilyen esetben, pl. őszibarackkal végzett kísérleteinkben olyan kis dózist találtunk optimálisnak, amely nem az antimikrobás hatás révén, hanem azáltal bizonyult használhatónak, hogy az utóérés lassítása, tehát a fiziológiai „élettartam” meghosszabítása révén a tárolás közbeni puhulást lassította, s ezzel a szöveti ellenálló képességet tovább fenntartotta.

A nagyon intenzív fiziológiai aktivitású, rohamosan öregedő termesztett csiperkegombánál az eltarthatóság növelésében a minőségromtó öregedési folyamatok gátlása a sugárzásos tartósítás döntő tényezője.

Az optimálás gyakran *kombinált* tartósítási módszer kidolgozását igényli, amikor kiegészítő kezelésekkel lehet a besugárzás hatékonyságát növelni, ill. a dózisszükségletet csökkenteni. Ez különösen egyes sugárérzékeny trópusi gyümölcsök esetén bizonyult megoldásnak, mint azt a hollandiai IFFIT projektben végzett sugárzásos tartósítási kutatásaink kapcsán tapasztalhattam. Az IFFIT a FAO és az IAEA támogatásával 1979 óta Wageningenben működtetett Nemzetközi Élelmiszer-besugárzási Létesítmény angol nevének a rövidítése. Az IFFIT projektet, amelyhez a holland mezőgazdasági minisztérium besugárzó kísérleti üzemét és laboratóriumokat bocsátott rendelkez-

zésre, a projekt első öt évén át volt szerencsém vezetni. A fejlődő országok ösztöndíjas szakembereinek foglalkoztatása és továbbképzése mellett itt mód nyílt számos trópusi termék vizsgálatára, a sugárkezelési eljárásnak nemzetközi szállítási tesztekben való kipróbálására is. Enyhe hőkezelés (rövid időre forró vízbe mártás) és kis dózisú besugárzás igen jó eredményekhez vezetett pl. mangó eltarthatóságának, szállíthatóságának javítására, ami által lehetségessé válna az energiát pocskoló, költséges repülőszállítás helyett az interkontinentális hajószállítás. A hidegsokra is hajlamos *trópusi gyümölcsök* esetén az optimális szállítási/tárolási hőmérséklet, egy igen enyhe előzetes hőkezelés és igen kis dózisú besugárzás kombinálásával, valamint a módosított légtérösszetétel kialakulását lehetővé tevő csomagolással együtt biztosította azt, hogy a Chiléből Hollandiába szállított avokádó egy hónapi hajóút után még két hétig kitűnő minőségben volt értékesíthető, szemben a sugárkezeletlen, romlott gyümölccsel.

Az állati eredetű élelmiszerekkel kapcsolatos sugárkezelési kutatásaink alapját az adja, hogy a hűtve tárolt nyers húsok romlását okozó baktériumasszociáció tagjai a legsugárérzékenyebb mikrobák közé tartoznak. Továbbá az, hogy ezeknél nem sokkal sugártűrőbbek azok a patogén baktériumok sem, amelyek, mint pl. a szalmonellák, minden hagyományos higiéniai rendszabály ellenére az állattartás, az

élelmiszer-feldolgozás és -fogyasztás tömegessé vált jellege, az élelmiszer-kereskedelem és az embertömegek nemzetközi mobilitásának a növekedése miatt megnövekedett fertőződési valószínűség következtében az utóbbi évtizedekben egyre növekvő veszélyforrást okoznak világszerte. A patogén mikrobákkal szennyezett élelmiszerek a WHO szakértői szerint napjainkra az ételmezés-egészségügy legelterjedtebb problémájává váltak.

Sajnálatos hogy amiatt, mert a fogyasztók és ezáltal a politikusok érdeklődésének előterében is az ételmezés-egészségügyi veszélyforrások közül tévesen a vegyi szennyeződés problémája áll, a tényleges veszélyforrások között első helyen lévő mikrobiológiai problémák indokolatlanul háttérbe szorúlnak. Emiatt az élelmiszerek mikrobiológiai biztonságossága nem kapja meg az őt megillető figyelmet és támogatást.

A sugárkezelés a bevezetőben említett, sajátos, hőhatásmentes jellege folytán kiváló lehetőséget nyújt egyes, az ételfertőzések szempontjából kritikus termékek, pl. gyorsfagyasztott baromfi felengedtetés nélkül végezhető mentesítésére ezen specifikus patogén baktériumoktól.

Célzott *alapozó mikrobiológiai kutatási törekvéseink* arra tényre vezethetők vissza, miszerint a *baktériumspórák*, e csodálatos „életkonzervek”, nemcsak a hagyományos antimikrobás tényezőkkel szemben, hanem az io-

nizáló sugárzásokkal szemben is igen ellenállóképesek. Ezért a baktériumspórák rezisztenciájának megértése, s érzékenyítési lehetőségeiknek a kutatása, a baktériumspórák elleni hatékonyabb védekezést biztosító kombinált tartósítási eljárások megalapozása és a kombinált hatások kvantifikálása, méretezhetősége a „vezérmotívumok” voltak három évtizede folyó kutatómunkánkban.

Az elsők között állapítottuk meg: nagy lehetőség rejlik abban, hogy a különböző spórás baktériumfajok között a hőtűrés és a sugártűrés szerinti sorrend nem azonos, másrészt, hogy a besugárzást túlélő spórák hőrezisztenciája jelentősen csökkent. E szinergens kombináció a spórák más antimikrobás hatásokkal (pl. az élelmiszerek konyhasó-adagolással végzett vízaktivitás-csökkentésével) szembeni ellenálló képességét is jelentősen csökkenti.

Vizsgálataink, amelyekben az utóbbi időszakban a spórák ásványianyag-összetételének spektroszkópiás elemzését és a konformációváltozási, denaturációs folyamatok DSC-technikával való vizsgálatát is bevezettük, más kísérletekkel összhangban azt mutatják, hogy a vegetatív sejtekétől merőben eltérő, különleges szerkezetű baktériumspórák besugárzás hatására bekövetkező hőérzékenyedése az életfontosságú biopolimereket és más alkotórészeket immobilizált formában koncentrálnak, dehidratált jellegű spóramagnak a sugárzás által indukált, részleges rehidratációjával függ össze. Su-

gárkezelés hatására ugyanis a spóraprotoplaszt dehidratált állapotát ozmoregulációval és/vagy anizotrópos tágulással, befelé ható nyomással előidéző, térhálós peptidoglikánréteg, a *kortex* károsodik. A spóramag „cementált, mineralizált” állapotát előidéző jellegzetes spóraalkotórész, a spórában lévő nagy mennyiségű Ca-mal és más spóraalkotórészekkel kelátot képző *dipikolinsav* pedig mobilizálódik oly módon, hogy a spóramag részlegesen rehidratálódik. Ez pedig a spóramagban a hődenaturációs folyamatokat elősegíti, mint azt a folyamatban lévő DSC-mikrokalorimetriás vizsgálataink igazolják.

Nagy tekintélyt szerzett nemzetközileg a hazai élelmiszer-besugárzási kutatási iskola a *fűszerek* és más hőérzékeny, száraz élelmiszer-adalékanyagok mikrobás szennyezettségének besugárzásos csökkentése kidolgozása révén. Sokirányú és sokéves vizsgálataink minden oldalról bizonyították, hogy a sugárkezelés felváltani képes a ma már toxikológiai aggályok miatt egyre jobban korlátozott etilén-oxidos kezelést.

A technológiai megvalósíthatóság tisztázása, a technológiai paraméterek kiválasztása mellett az élelmiszer-besugárzási eljárás bevezetését megelőző, alapvető kérdés volt és világszerte hatalmas kutatási ráfordításba került a *besugárzott élelmiszerek fogyasztási ártalmatlanságának* a tisztázása. Minthogy az ilyen irányú komplex vizsgálatok költségei még a leg-

gazdagabb államok laboratóriumainak a lehetőségeit is meghaladják, nagy jelentőségű volt, hogy ez a kivizsgálás a Nemzetközi Élelmiszerbesugárzási Program (az ún. karlsruhei IFIP-projekt) keretében a hatvanas évek végétől több mint tíz éven át, mintegy 25 ország erőforrásainak egyesítésével, nemzetközi együttműködésben is folyhatott. Magyarország a Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet által végzett, ill. koordinált fűszerkivizsgálás révén, „természetbeni tagsági díjjal” járult hozzá ehhez az igen sikeres nemzetközi együttműködéshez. A KÉKI Biológiai Osztályán BARNÁ JÓZSEF által irányított, a hetvenes években elvégzett fűszeretetési állatkísérletek a táplálkozástudományi és élelmiszer-toxikológiai metódika továbbfejlesztése szempontjából is jelentősek voltak. Az általam koordinált, főként összetétel-analitikai és „short-term” genotoxicitási tesztek pedig a „chemiclearance” elv előtérbe kerülése révén járultak hozzá a besugárzott fűszerek egészségügyi ártalmatlanságának tisztázásához. Az, hogy a világ közel 30 országában megindult már a fűszerbesugárzás alkalmazása, nem kis mértékben magyarországi tudományos alapokra épült.

A sugárzással pasztörözött élelmiszerek mikrobiológiai biztonságossága gyakran azzal is összefügg, hogy a szelektív hatású kezelés a mikroflóra kvalitatív összetételét milyen mértékben és milyen irányban változtatja meg. Számos vizsgálatot végeztünk ilyen kérdések

tisztázására is. Megállapítottuk például, hogy a tejsavbaktériumok viszonylagos sugártűrése miatt a fagyasztott baromfi besugárzásos szalmonellamentesítése (amelyhez 3 kGy-s sugáradagot javasolunk) a maradék mikroflóra összetételét a kezeletlen termék mikroflórájáénál biztonságosabb irányba változtatta meg: a tejsavbaktériumok kerültek túlsúlyba az egyes enteropatogén baktériumokat is magában foglaló *Enterobacteriaceae*-családdal és a *Staphylococcus aureus*szal szemben.

A besugárzott élelmiszerek fogyasztási ártalmatlanságával kapcsolatos adatok értékelését végző, egyesített WHO/FAO/IAEA Szakértő Bizottság (JECFI) főként az említett nemzetközi együttműködés és más, korábbi vizsgálatok alapján 1980-ban arra a következtetésre jutott, hogy az alkalmazások túlnyomó részét felölelő, 10 kGy-ig terjedő sugárdózis-tartományban sugárkezelt élelmiszerek toxikológiailag aggálymentesek és az élelmiszer-besugárzás technológiája nem vet fel speciális mikrobiológiai vagy más táplálkozás-egészségügyi problémákat. Elsősorban a JECFI-jelentés megállapításaira alapozottak a FAO/WHO Nemzetközi Élelmiszerszabványosítási Programja, a *Codex Alimentarius* keretében 1983-ra elkészült nemzetközi élelmiszer-besugárzási szabvány és az élelmiszer-besugárzó létesítmények működtetésének nemzetközi ajánlott irányvonalai is. Mindezekben a szabályalkotási munkálatokban is kellő szerepet ka-

pott a hazai élelmiszer-besugárzási kutatóközösség.

Az, hogy egyes országok e nemzetközi ajánlások vagy saját kutatásaik alapján milyen ütemben engedélyezik és alkalmazzák az élelmiszer-besugárzási eljárást, főként a bevezetőben érintett pszichológiai és politikai tényezőkön, valamint az országonként eltérő techno-ökonómiai faktorokon múlik. A nehézségek ellenére is fokozatos előrehaladás bizonyítéka, hogy az elmúlt évtizedben egyre növekedett azon országok száma, ahol egy vagy több sugárkezelt élelmiszer vagy élelmiszercsoport engedélyezése megtörtént, az eljárás fokozatos bevezetése megindult és az élelmiszer-besugárzó létesítmények száma évről évre növekszik.

Az eljárás hazai bevezetésének kiindulópontja az a budapesti élelmiszer-besugárzó kísérleti üzem, amelyet a KÉKI az MTA Izotópkutató Intézetének technikájára alapozva, az OMFB és a MÉM támogatásával félüzemi kísérleteink céljára már a hetvenes évek elején létesített, s amely Közép-Európában az elsők között megvalósult ilyen vállalkozás volt. A kísérleti üzem évek óta már önálló szolgáltató vállalként működik „AGROSTER” néven, ahol a besugárzott termékek, főként fűszerek és más ízesítőanyagok mennyisége 1990-ben meghaladta az évi 600 tonnát.

A technológia jelenlegi, fokozatos realizálásának időszakában, részben a fogyasztói kívánsálmakra, részben a besugárzott termékek

nemzetközi kereskedelmének elősegítésére figyelemmel az élelmiszer-besugárzási kutatás súlypontja világszerte az élelmi anyagok besugárzottságának kimutatására alkalmas módszerek kidolgozásán van. Az ilyenféle késztermék-ellenőrzési követelmény kielégítése a besugárzás okozta változások rendkívül csekély volta és a termékek rendszerint igen bonyolult összetétele miatt nem könnyű. A sugárzás által indukált szabad gyökök hosszú élettartamát biztosító száraz termékkomponensek (pl. baromficsont) jelenléte esetén eredménnyel biztatnak az általunk már a hetvenes évek elején kezdeményezett ESR-vizsgálatok, a fűszerek esetén pedig különféle luminometriás technikák. Viszonylag nagy keményítőtartalmú fűszerekben és más száraz adalékanyagokban a keményítő részleges radiolízisét észlelni képes reológiai vizsgálataink is nemzetközileg ismertek. Legújabb kísérleteink alapján biztatónak látszik egyes más fűszereknél is a közeli infravörös reflexiós (NIR)-spektrometria alkalmazása is.

Végezetül megköszönöm az MTA Kémiai Osztályának a mélyen megtisztelő bizalmat, hogy nem igazán kémiacentrikus tevékenységem ellenére is levelező tagjává választott. Engedjék meg, hogy név szerinti felsorolás nélkül megköszönjem mindazoknak a hazai és külföldi kollégáknak, akiknek e csupán felszínes áttekintésben felvillantott, nehézségeivel is kihívást jelentő, új élelmiszer-technológiának a ta-

nulmányozása kapcsán tanítványa, munkatársa vagy vezetője lehettem. Engedjék meg, hogy csupán azokat az intézeteket soroljam itt fel, amelyek hosszabb-rövidebb ideig szakmai otthonaim voltak már, s amelyek az elmúlt három évtizedben az említett munkáink háttérét és színterét adták:

Konzerv-, Hús- és Hűtőipari Kutató Intézet, Budapest,

Központi Élelmiszeripari Kutató Intézet, Budapest,

Bundesforschungsanstalt für Lebensmittel-frischhaltung, Karlsruhe, Németország,

Agricultural and Food Research Council's Meat Research Institute, Langford/Bristol, Anglia,

Illinois Institute of Technology, Chicago, USA,

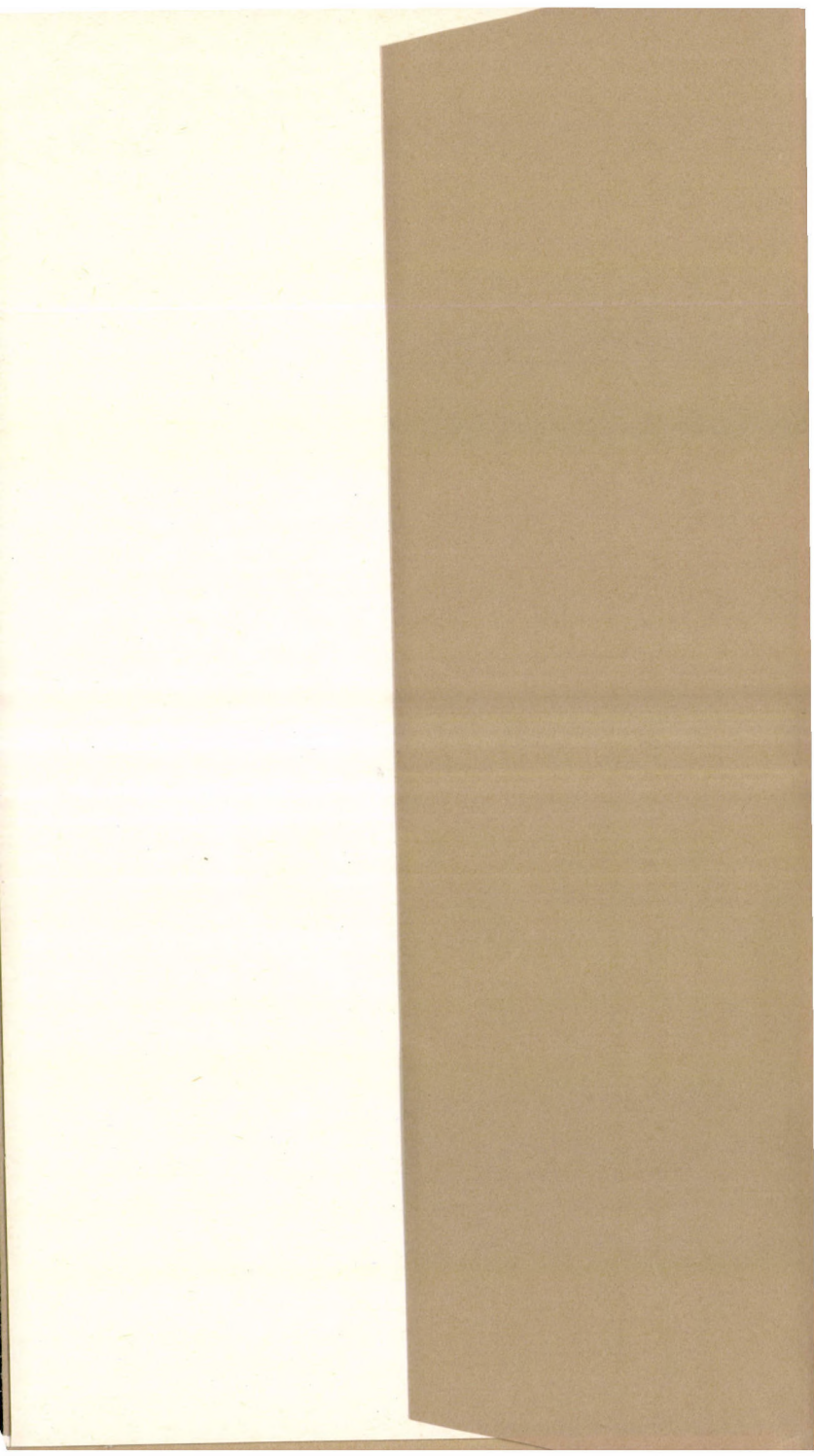
International Facility for Food Irradiation Technology, Wageningen, Hollandia,

s jelenlegi munkahelyem:

a Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Hűtő- és Állattermék Technológia Tanszéke, Budapest.

Ajánlom e beszámolót mesterem, néhai VAS KÁROLY akadémikus emlékének, aki emberi és szakmai példájával tudományos pályám elindítója és irányainak meghatározója volt és marad.

A kiadásért felelős
az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat igazgatója
A nyomdai munkálatokat
az Akadémiai Kiadó és Nyomda Vállalat végezte
Felelős vezető: Zöld Ferenc
Budapest, 1993
Nyomdai táskaszám: 21792
Felelős szerkesztő: Balassa Éva
Műszaki szerkesztő: Kiss Zsuzsa
Kiadványszám: 141
Megjelent: 2,2 (A/5) ív terjedelemben
HU ISSN 0236-6258



Ára: 83,- Ft 10% áfával